



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 100 12 974 C 1



51 Int. Cl. 7:
B 21 D 26/02
B 21 D 51/02
C 21 D 1/00
C 21 D 8/10
B 23 P 13/00

21 Aktenzeichen: 100 12 974.9-14
22 Anmeldetag: 16. 3. 2000
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 15. 3. 2001

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Schroeder, Matthias, Dipl.-Ing., 21720
Grünendeich, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

WO 99 27 142 A1
WO 98 54 370 A1

64 Verfahren zur Herstellung eines Hohlprofiles

67 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Hohlprofiles. Um in relativ einfacher Weise und prozeßtechnisch sicher ein Hohlprofil mit einheitlich hochfesten Eigenschaften auch bei für komplexe Bauteile typische hohen Umformgraden zu erzeugen, wird vorgeschlagen, ein aus einem härtbaren Stahl bestehender Hohlprofilrohling hinsichtlich seiner Querschnittsform mittels eines fluidischen Innendruckes in seine Endform entsprechend der Gravur des den Rohling aufnehmenden in ein Ober- und ein Unterwerkzeug geteilten Innendruck-Umformwerkzeuges kaltumzuformen, danach auf eine Temperatur oberhalb der Austenittemperatur zu erhitzen, unmittelbar darauf in einem geschlossenen Gesenk unter einem fluidischen Schrumpfvorgang des Hohlprofiles entgegenwirkenden Innendruck stehend, auf eine Temperatur abzuschrecken, bei der sich das ursprüngliche austenitische Gefüge im wesentlichen vollständig in ein Martensit- oder Bainitgefüge umgewandelt hat, und anschließend auf eine Temperatur zwischen 200 und 300 C anzulassen.

DE 100 12 974 C 1

DE 100 12 974 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Hohlprofiles.

Verfahren zur Herstellung eines Hohlprofiles sind in mannigfaltiger Weise bekannt. Darunter zeigt die WO 99/27142 A1 ein Verfahren, bei dem das Hohlprofil aus einem härtbaren Stahl gebildet ist. Dabei wird das Hohlprofil auf eine Härtungstemperatur erhitzt und dann in einem gekühlten Innenhochdruck-Umformwerkzeug angeordnet. Dannach soll eine Umformung mittels eines in das Hohlprofil eingeleiteten Druckfluides stattfinden, die so schnell erfolgt, daß das Hohlprofil keine Zeit hat, durch den Kontakt mit dem Druckfluid gehärtet zu werden. Anschließend wird das umgeformte Hohlprofil noch einige Zeit im Werkzeug belassen, so daß durch den Kontakt mit der Druckflüssigkeit die Härtung des Hohlprofiles abfolgen kann. Beim Einlegen in das gekühlte Innenhochdruck-Umformwerkzeug erfolgt über den Kontakt des heißen Hohlprofiles mit dem Werkzeug eine rasche Wärmeableitung, so daß das Hohlprofil schnell abkühlt. Dadurch resultiert ein vorzeitiges Härten des Hohlprofiles, bevor die Umformung durch Innenhochdruck stattfinden konnte. Gehärtete Hohlprofile insbesondere mit hohen Umformgraden innenhochdruckumzuformen ist prozeßsicher quasi unmöglich, da das erreichte harte martensitische Gefüge sehr spröde ist und durch die niedere Streckgrenze schlechte Dehneigenschaften besitzt, wodurch bei Ausüben eines Innenhochdruckes Risse am Hohlprofil auftreten. Die schnelle Abkühlung wird durchaus zusätzlich durch die Druckflüssigkeit erfolgen und damit den Härtvorgang unerwünscht fördern. Dabei muß das Hohlprofil erst mit der Druckflüssigkeit befüllt und dann der Druck aufgebaut werden, was einem ausreichend großen Wärmeabfluß genügend Zeit entgegenbringt. Die längere Umformzeit bei Umformungen mit hohen Umformgraden sei dazu auch noch angemerkt. Dem Wärmeabfluß über die Druckflüssigkeit kann über eine Temperierung der Flüssigkeit entgegnet werden. Zum einen ist dies werkzeugtechnisch recht aufwendig, um den Temperaturgradienten von Hohlprofil zur Druckflüssigkeit möglichst klein zu halten. Zum anderen erhält man durch den unterschiedlich hohen Wärmeabfluß über das Werkzeug und über die temperierte Flüssigkeit einen ungleichmäßigen Härtungseffekt im Hohlprofil, was den späteren Einsatz des Hohlprofiles aufgrund seiner bezüglich mechanischer Beanspruchung ungewissen Eigenschaften in Frage stellt.

Des weiteren ist aus der WO 98/54370 A1 das Verfahren des Blasformens bekannt, das auf ein Hohlprofil aus einem härtbaren Stahl angewendet wird, wobei der Hohlprofilrohling auf eine Austenittemperatur aufgeheizt in ein geteiltes Blaswerkzeug eingelegt wird und anschließend durch ein unter hohem Druck stehendes heißes Gas nach Art der superplastischen Umformung entsprechend der Kontur der Gravur des Werkzeuges aufgeweitet wird. Die Gravur wird gleichzeitig geheizt. Schließlich wird das umgeformte Hohlprofil abgeschreckt, in dem ein gasförmiges Kühlmedium durch das Hohlprofil hindurchgeleitet und die Gravur wassergekühlt wird. Abgesehen davon, daß die Umformung mit Gas aufgrund dessen Kompressibilität unter Sicherheitsaspekten sehr bedenklich ist und hohe Anforderungen an eine apparative Gewährleistung dieser Sicherheit stellt, ist Gas ein sehr schlechter Wärmeleiter, so daß das Abschrecken zum einen relativ langsam abläuft und dadurch nicht oder nur teilweise zu den gewünschten harten Gefügen Martensit und/oder Bainit führt. Zum anderen ist auch hier dadurch das Abschrecken der Außenseite und der Innenseite des umgeformten heißen Hohlprofiles unterschiedlich, so daß das Hohlprofil in radialer Richtung unkontrolliert unter-

schiedlich gehärtet wird und ein Gefügemisch entsteht, in dem Zug- und Druckspannungen gleichzeitig auftreten. Das so erzeugte Hohlprofil dürfte die gestellten hohen mechanischen Festigkeiten im Automobilbau nicht erfüllen können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines Hohlprofiles aufzuzeigen, mittels dessen sich in relativ einfacher Weise und prozeßtechnisch sicher ein Hohlprofil mit einheitlich hochfesten Eigenschaften auch bei für komplexe Bauteile typische hohen Umformgraden erzeugen läßt.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

Dank der Erfindung wird zuerst die Kaltumformung mittels fluidischem Innenhochdruck (> 800 bar) betrieben, wodurch sich das Hohlprofil auch mit hohen Umformgraden ($> 60\%$ größere Aufweitung bezüglich der ursprünglichen rohrförmigen Ausgangsform) beispielsweise für komplexe Bauteile wie die Säulen einer Rahmenstruktur einer Fahrzeugkarosserie gestalten läßt. Das Hohlprofil erreicht in diesem ersten Schritt in einfacher Weise schon bezüglich seines Querschnittes und seiner Außenkontur seine Endform. Erst nach der Umformung erfolgt die Härtung, in dem das Hohlprofil auf eine Temperatur oberhalb der Austenittemperatur aufgeheizt wird und anschließend abrupt, d. h. in einer Zeit von 9–28 Sekunden auf mindestens 200°C in einem geschlossenen Gesenk abgekühlt, also abgeschreckt. Die Abschreckung wird einerseits durch Kühlung des Gesenkes mittels eines Fluides beispielsweise durch Wasser, das durch feine graynah verlaufende Kanäle hindurchgeleitet wird, und andererseits und eine Flüssigkeit, die das Hohlprofil durchströmt, erreicht. Die Kühlflüssigkeiten sollten in ihrer Wärmeleitfähigkeit zumindest ähnlich sein, so daß eine gleichmäßige Abkühlung und somit – abgesehen von der anfänglichen Abkühlung des heißen Hohlprofiles durch Körperkontakt mit dem Gesenk – eine relativ gleichmäßige Härtung erfolgen kann. Auch wenn es durch das erfindungsgemäße Verfahren geringe Härteunterschiede im Hohlprofil infolge der angesprochenen anfänglichen einseitigen Abkühlung auftreten, so ist dies für das gesamte Verfahren hinsichtlich der Prozeßsicherheit dahingehend wenig erheblich, daß nach dem Härten keine weitere formändernde innen-druckbestimmte Umformung erfolgt, die aufgrund der härtebedingt ungleichen Fließfähigkeit des Hohlprofilmaterials über das Hohlprofil hinweg gesehen zu ungleichmäßigen Aufweitungen und eventuell zu Rissen führen würde. Beim Abschrecken wird die Kühlflüssigkeit innerhalb des Hohlprofiles unter hohem Druck, der jedoch kleiner als ein Umformdruck ist, gehalten, so daß einem abkühlungsbedingten Schrumpfen des Hohlprofiles und somit einer unerwünschten maßlichen Veränderung entgegengewirkt wird. Es ist zwar denkbar, daß nach einer Versuchsreihe die Schrumpfrate ermittelt wird und diese dann bei der Rohlingsauslegung des Hohlprofiles maßlich berücksichtigt wird, so daß auf die Druckerzeugung während des Abschreckens innerhalb des Hohlprofiles verzichtet werden kann. Versuchsreihen sind jedoch aufwendig, insbesondere vor dem Hintergrund der Herstellung unterschiedlich geformter und aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehender Hohlprofile, bei denen mit unterschiedlichen Schrumpfvorgängen zu rechnen ist. Abschließend wird das gehärtete Hohlprofil, das nun rein martensitisch oder bainitisch bzw. eine Mischform beider Gefüge aufweist auf eine Temperatur zwischen 200°C und 300°C angelassen und somit vergütet, so daß die Festigkeit des Hohlprofiles gegenüber mechanischen Beanspruchungen unzutraglichen Gefügespannungen zumindest reduziert, wenn nicht gar gänzlich beseitigt werden. Hierbei sinkt die Härte in nur unwesentlichem Ausmaß. Als besonders geeignetes Material für die Ausbildung hochfester

Hohlprofile hat sich Bor-Stahl erwiesen.

Nach einer zweckmäßigen Weiterbildung gemäß Anspruch 2 erfolgt das Erhitzen des Hohlprofiles innerhalb des Innenhochdruck-Umformwerkzeuges. Dies ist zum einen mit verfahrenstechnisch reduziertem Aufwand verbunden, da das ungeformte Hohlprofil nicht aus dem Werkzeug entnommen und einer Heizvorrichtung zugeführt werden muß. Des weiteren bleibt aufgrund des Verbleibens in der gleichen Umformgravur das Hohlprofil beim Erhitzen verzugfrei und formbeständig. Des weiteren ist die Integrierung der Heizvorrichtung in das Innenhochdruck-Umformwerkzeug sehr platzsparend und kompakt. Infolge der direkten Anlage der Außenkontur des Hohlprofiles an der Gravur des Umformwerkzeuges bleibt eine Reaktion des Materials mit Luftsauerstoff unter der Hitzewirkung aus, so daß eine Verzunderung, die nachträglich umständlich vom Hohlprofil beispielsweise mit Sand oder Korund abgestrahlt werden müßte, der Oberfläche vermieden wird.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 3 erfolgt das Erhitzen des Hohlprofiles innerhalb des Werkzeuges auf eine Temperatur oberhalb der Austenittemperatur induktiv. Hierbei kann das Magnetfeld gezielt auf das Hohlprofil gerichtet werden, so daß eine Aufheizung im wesentlichen nur das Hohlprofil betrifft und kaum Wärmeenergie auf das Umformwerkzeug übertragen wird. Eine aufwendige Temperierung des Werkzeuges auf sehr hohe Temperaturen, bei denen das Werkzeug selbst aufgrund des Wärmeverzuges Schaden zu nehmen droht, entfällt. Des weiteren wird bei der induktiven Heizung der gesamte Querschnitt des Hohlprofiles erfaßt, so daß jede Stelle des Hohlprofiles gleichzeitig erhitzt wird und somit einerseits das Hohlprofil gleichmäßig erhitzt und andererseits die Aufheizzeit verkürzt wird, was wiederum Produktionszeit einspart.

In einer weiteren zweckmäßigen Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 4 wird das erhitze Hohlprofil in einer formentsprechenden Gesenkgravur über Wärmeleitung durch Kühlen der Gravur und durch einen durch das Hohlprofil hindurchgeleiteten Volumenstrom eines flüssigen Kühlmediums abgeschreckt. Hierbei werden außerhalb und innerhalb des Hohlprofiles in etwa gleiche Wärmeleitungsbedingungen geschaffen, so daß die auftretende Härtung gleichmäßig verläuft und sich somit im Hohlprofil die gewünschte Gefügeart gleichmäßig einstellt. Dadurch werden dem Hohlprofil überall die gleichen Festigkeitseigenschaften gegeben.

In werkzeugtechnisch günstiger Weise erfolgt nach Anspruch 5 das Abschrecken und das Erhitzen im gleichen Gesenk. Zwar ist es im Rahmen der Erfindung denkbar, nach dem Erhitzen für das Abschrecken ein anderes Gesenk zu verwenden, eventuell, wenn die Materialkosten des Werkzeuges einen wesentlichen Faktor für die Entscheidung über eine Verwendung des Verfahrens darstellen, da ein Material, das dauerhaft thermisch hoch wechselbelastbar ist, relativ teuer ist. Bei dem angesprochenen Werkzeugwechsel können dann für die einzelnen Werkzeuge preiswertere Werkstoffe verwendet werden, da sie den vorgenannten Ansprüchen nicht genügen müssen. Hieraus können sich relativ hohe Standzeiten der einzelnen Werkzeuge ergeben, da sie nur in jeweils einer bestimmten Hinsicht belastet sind. Jedoch wird dort der Vorteil des bauraumsparenden Herstellungsverfahrens, den der Anspruch 5 aufzeigt, genommen. Des weiteren vorteilhaft bei der Verwendung eines einzigen Werkzeuges ist der fehlende Handlings- und Transportaufwand von einer Arbeitsstation zur anderen. Das Hohlprofil verbleibt somit in der gleichen Gravur und die einzelnen Prozesse Erhitzen und Abschrecken folgen nacheinander ab ohne zwischenzeitliches Öffnen des Gesenkes. Besonders

günstig, weil aufwand- und bauraumsparend ist das Erhitzen und Abschrecken des Hohlprofiles direkt im Innenhochdruckumformwerkzeug, wobei ein Werkzeugwechsel entfällt. Zudem vorteilhaft ist die Aussicht auf Erhaltung der aus dem vorigen Umformschritt erhaltenen Gestaltungsform, falls im Umformwerkzeug nur eine einzige Gravur vorgesehen ist, in der dann alle drei Prozesse nacheinander ablaufen. Hierbei ist es günstig, mittels Innenhochdruck der kühlungsbedingten Schrumpfung des Hohlprofiles entgegenzuwirken, da die Umformgravur sich nicht verändert, so daß die Formidentität des Hohlprofiles gewahrt bleibt.

In einer speziellen bauraumsparenden und von den Werkzeugmaterialkosten her preiswerten Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 6 erfolgt das Abschrecken und das Innenhochdruckumformen gleichzeitig und in zwei separaten Gravuren des Gesenkes, wozu eine Anpassung der Prozessakte bezüglich der einzelnen Verfahren Innenhochdruckumformen, Erhitzen, Abschrecken aneinander erforderlich ist. Hierbei ist es gegebenenfalls notwendig, nach dem Prozeß der Innenhochdruckumformung einen Puffer in den gesamten Prozeßablauf einzugliedern, um die Gleichzeitigkeit der beiden obigen Einzelprozesse zu gewährleisten. Das Werkzeugmaterial des Gesenkes muß aufgrund der fehlenden Erhitzung in nur unwesentlichem Maße Temperaturschwankungen aushalten, so daß preiswerte Werkstoffe verwendet werden können. Infolge der zeitlichen Parallelität der verschiedenen Bearbeitungsabläufe der Hohlprofile in den verschiedenen Werkzeugen ist es auch denkbar, eine kürzere Gesamtprozeßzeit und damit aufgrund der höheren Effizienz geringere Produktionskosten zu erhalten als bei der sequentiellen Abfolge der drei Prozesse im Innenhochdruckumformwerkzeug. In diesem schlägt nämlich produktionszeitverlängernd zu Buche, daß der Aufheizprozeß und der Abkühlvorgang für jedes Werkstück von neuem in Gang gebracht werden muß. Dies entfällt weitgehend bei der oben genannten synchronen Bearbeitung.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 7, bei der eine Integrierung einer Heizvorrichtung aufgrund einer dann auftretenden mangelnden Stabilität des Werkzeugs nicht möglich ist oder komplexe Werkzeuge beispielsweise aufgrund von Wartungsschwierigkeiten nicht gewünscht sind oder bei der Konturveränderungen des Bauteils während des Gesamtprozeßablaufes für das Endprodukt keine Rolle spielen, wird das kaltumgeformte Hohlprofil aus dem Innenhochdruck-Umformwerkzeug entnommen und einem Ofen zugeführt, in dem das Hohlprofil durch Wärmestrahlung oder induktiv erhitzt wird. Das erhitze Hohlprofil wird dann in einer formentsprechenden Gesenkgravur über Wärmeleitung durch Kühlen der Gravur und durch einen durch das Hohlprofil hindurchgeleiteten Volumenstrom eines flüssigen Kühlmediums abgeschreckt.

Um eine Reaktion mit dem Luftsauerstoff während des Härtens zu verhindern, die zu einer Verzunderung der Hohlprofiloberfläche führt und nachträglich für eine Weiterverarbeitung des Hohlprofiles aufwendig beseitigt werden muß, erfolgt die Erhitzung des Hohlprofiles gemäß der vorteilhaften Weiterbildung nach Anspruch 8 in einer Inertgas-Atmosphäre. Aus gleichen Gründen ist es sinnvoll, das erhitze Hohlprofil auf dem Transport vom Ofen zum Gesenk, in dem das Hohlprofil abgeschreckt wird, unter einer Inertgas-Atmosphäre zu halten, was in Anspruch 9 zum Ausdruck kommt.

In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 10 werden die Enden des Hohlprofiles im erhitzten Zustand abgetrennt. Dies ist besonders günstig, wenn bei der Innenhochdruckumformung die Enden des Hohlprofiles zur Gewährleistung einer ausreichenden Abdichtung durch Einschieben axialer Stempel gegenüber dem

restlichen Hohlprofil aufgeweitet werden, so daß das Hohlprofil endseitig eines Beschnittes bedarf. Im erhitzten Zustand ist das Hohlprofilmaterial teigig, so daß die Enden relativ einfach, d. h. ohne großen Widerstand unter Erzielung definierter maßlich genauer Endkanten abgeschert werden können.

Alternativ können gemäß Anspruch 11 die Enden des Hohlprofils auch nach dem Abschrecken abgetrennt werden. Dies kann dann sinnvoll sein, wenn kein komplexes Werkzeug – eventuell aus Gründen der erschwerten Überwachung der Verfahrensschritte – erwünscht ist. Das nach dem Abschrecken hochfeste harte Hohlprofil kann jedoch von üblichen Schneidverfahren kaum noch bearbeitet werden. Allerdings sind hierzu Strahlschneidverfahren, wie beispielsweise das Laserschneiden zu nennen, mittels dessen die Hohlprofilenden durchaus ohne weiteres abgetrennt werden können.

Falls beim Abschrecken das Hohlprofil einem unerwünschten Schrumpfprozeß unterlegen ist, kann als vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 12 das Hohlprofil hinterher in einem Innenhochdruckumformwerkzeug mittels fluidischem Innenhochdruck kalibriert werden. Zwar ist die Aufweitung eines gehärteten Hohlprofils aufgrund der geringen Bruchdehnung nur schwer möglich ohne die Gefahr eines Risses einzugehen. Jedoch liegt das Kalibrieren hinsichtlich der Querschnittsaufweitung im Millimeterbereich, was durchaus prozeßsicher ausführbar ist.

Um weiterhin ein Verzundern oder ein bläuliches Anlaufen des Hohlprofils zu vermeiden, ist es gemäß Anspruch 13 von Vorteil, das Hohlprofil mit einem nicht-oxidierenden Medium, insbesondere mit einem Hochtemperaturöl abzuschrecken.

In einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 14 wird dem erhitzten Hohlprofil im Gesenk vom Einlegen in die Gravur bis zum Abschrecken durch Temperieren des Gesenkes Wärmeenergie zugeführt. Diese ist so bemessen, daß es vor dem Abschrecken zu keiner vorzeitigen Abkühlung kommt, die unerwünschte Gefügebildungen im Hohlprofilmaterial zur Folge haben würde. Das Temperieren des Gesenkes kommt natürlich nur in Frage, wenn das Hohlprofil das Werkzeug wechselt.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert; dabei zeigt:

Fig. 1 ein Hohlprofil nach dem erfindungsgemäßen Innenhochdruckumformschritt in einer seitlichen Ansicht,

Fig. 2 das Hohlprofil aus Fig. 1 in einer seitlichen Ansicht im Nachfolgeschritt beim erfindungsgemäßen induktiven Erhitzen,

Fig. 3 das Hohlprofil aus Fig. 2 in einem seitlichen Längsschnitt in einem Gesenk zum nachfolgenden Abschrecken und Kalibrieren,

Fig. 4 das gehärtete und kalibrierte Hohlprofil aus Fig. 3 in einer seitlichen Ansicht beim abschließenden Trennen der Hohlprofilenden.

In Fig. 1 ist ein Hohlprofil 1 aus einem Borstahl dargestellt, das aus einem geradlinig verlaufenden Hohlprofilrohling, zuerst vorgebogen und dann in einem Innenhochdruck-Umformwerkzeug hinsichtlich der gewünschten Querschnittsform und -größe mittels einer unter hohem Druck stehenden Druckflüssigkeit aufgeweitet wird. Hierbei sind die beiden Hohlprofilenden 2 und 3 aufgrund von im Umformwerkzeug zur Gewährleistung der Dichtigkeit während des Umformprozesses in sie hineingeschobenen Axialstempel aufgeweitet und gequetscht.

Das Hohlprofil 1 wird nach Fig. 2 in eine Heizvorrichtung 4 beispielsweise mittels eines Handlingroboters transportiert, in welcher es induktiv durch die Induktionsschleifen

5 und den Stromkreis 6 schematisch dargestellt – über die Austenittemperatur des Borstahls erhitzt wird. Um Verzungung durch Reaktion mit dem Luftsauerstoff zu vermeiden, wird das Erhitzen in einer Inertgasatmosphäre, beispielsweise mit dem Schutzgas Argon durchgeführt.

Nach der Aufheizung, die einen Teil des Härteverfahrens darstellt, wird das Hohlprofil 1 mittels eines Roboters zur Vermeidung von Wärmeverlusten und damit dem Eintreten eines unerwünschten vorschnell eintretenden Härtevorgangs schnellstmöglich in die Gravur 7 eines zweigeteilten Gesenkes 8 (Fig. 3) eingelegt. Dieses wird sodann mit Dichtstempeln 9 und 10 verschlossen. Die Dichtstempel weisen einen Fluidkanal 11 auf, der einerseits über einen Zulauf 12 an einen ein flüssiges Medium führenden Kühlkreislauf über eine Fluidpumpe oder einem geodätisch über dem Gesenk 8 gelegenen Fluidreservoir angeschlossen ist (Pfeil einwärts bei Dichtstempel 9) und andererseits über einen Ablauf 13 mit einem Auffangbecken und/oder mit dem besagten mit einem Wärmetauscher ausgestatteten Kühlkreislauf verbunden ist (Pfeil auswärts bei Dichtstempel 10). Unmittelbar nach Verschließen der Hohlprofilenden 2 und 3 wird ein flüssiges unter hohem Druck stehendes Kühlmedium, vorzugsweise ein Drucköl, über den Zulauf 12, den Fluidkanal 11 der Dichtstempel 9 und 10 und den Ablauf 13 durch das Hohlprofil 1 hindurchgeleitet, wodurch das Hohlprofil 1 von innen abgeschreckt wird. Gleichzeitig wird das Hohlprofil 1 von außen abgeschreckt, in dem ein Kühlmedium, beispielsweise Wasser durch im Gesenk 8 gravurnah ausgebildete Kühlkanäle 14 hindurch geleitet wird und dabei Wärmeenergie in ausreichendem Maß abtransportiert.

Nach dem Abschrecken wird das so gehärtete Hohlprofil bei Bedarf, d. h. wenn trotz des entgegenwirkenden Druckes des durch das Hohlprofil 1 hindurchgeleiteten Kühlmediums durch eine abschreckungsbedingte radiale Schrumpfung eine Formänderung des Hohlprofils 1 aufgetreten ist, im Gesenk 8 gelassen. Das Hohlprofil 1 wird mit dem Drucköl befüllt und dann der Ablauf 13 geschlossen. Über den Zulauf 12, der mit einer Fluidhochdruckerzeugungsanlage in Verbindung steht, wird auf das Hohlprofil 1 ein Fluidhochdruck ausgeübt, so daß sich dieses im üblichen geringen Kalibrierungsausmaß aufweitet. Bei der Aufweitung werden die Dichtstempel 9 und 10 von Hydraulikzylindern 15 in Position gehalten.

Das abgeschreckte und kalibrierte Hohlprofil 1 wird aus dem Gesenk 8 entnommen und in einem Wärmeofen auf eine Temperatur zwischen 200°C und 300°C angelassen und somit vergütet.

Abschließen wird das vergütete Hohlprofil 1 gemäß Fig. 4 in eine Schneidstation plazierte, in der dessen für eine Weiterverarbeitung des Hohlprofils 1 aufgrund der Aufweitung und der Quetschung unbrauchbare Enden 2 und 3 abgetrennt werden. Dies kann vorzugsweise mittels Laser 16 erfolgen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Hohlprofils (1), wobei ein aus einem härtbaren Stahl bestehender Hohlprofilrohling hinsichtlich seiner Querschnittsform mittels eines fluidischen Innenhochdruckes in seine Endform entsprechend der Gravur (7) des den Rohling aufnehmenden in ein Ober- und ein Unterwerkzeug geteilten Innenhochdruck-Umformwerkzeuges kaltumgeformt wird, dannach auf eine Temperatur oberhalb der Austenittemperatur erhitzt wird, unmittelbar darauf in einem geschlossenen Gesenk (8) unter einem fluidischen einem Schrumpfvorgang des Hohlprofils (1) entgegenwirkenden Innendruck stehend auf eine Temperatur abgeschreckt wird, bei der sich das ursprüngli-

che austenitische Gefüge im wesentlichen vollständig in ein Martensit- oder Bainitgefüge umgewandelt hat, und anschließend auf eine Temperatur zwischen 200 und 300°C angelassen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Erhitzen des Hohlprofiles (1) innerhalb des Innenhochdruck-Umformwerkzeuges erfolgt. 5

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Erhitzen des Hohlprofiles (1) induktiv erfolgt. 10

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das erhitzte Hohlprofil (1) in der formentsprechenden Gesenkgravur (7) über Wärmeleitung durch Kühlen der Gravur (7) und durch einen durch das Hohlprofil (1) hindurchgeleiteten Volumenstrom eines flüssigen Kühlmediums abgeschreckt wird. 15

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Abschrecken und das Erhitzen im gleichen Gesenk (8) erfolgt. 20

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Abschrecken und das Innenhochdruckumformen gleichzeitig und in zwei separaten Gravuren (7) des Gesenkes (8) erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das kaltumgeformte Hohlprofil (1) aus dem Innenhochdruck-Umformwerkzeug entnommen wird und einem Ofen zugeführt wird, in dem das Hohlprofil (1) durch Wärmestrahlung oder induktiv erhitzt wird, und daß das erhitzte Hohlprofil (1) in einer formentsprechenden Gesenkgravur (7) über Wärmeleitung durch Kühlen der Gravur (7) und durch einen durch das Hohlprofil (1) hindurchgeleiteten Volumenstrom eines Kühlmediums abgeschreckt wird. 25 30

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhitzung in einer Inertgas-Atmosphäre erfolgt. 35

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das erhitzte Hohlprofil (1) auf dem Transport vom Ofen zum Gesenk (8), in dem das Hohlprofil (1) abgeschreckt wird, unter einer Inertgas-Atmosphäre gehalten wird. 40

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Enden (2, 3) des Hohlprofiles (1) im erhitzten Zustand abgetrennt werden. 45

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Enden (2, 3) des Hohlprofiles (1) nach dem Abschrecken, insbesondere mittels eines Strahlschneidverfahrens abgetrennt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Hohlprofil (1) nach dem Abschrecken in einem Innenhochdruckumformwerkzeug mittels fluidischem Innenhochdruck kalibriert wird. 50

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Abschrecken mit einem nicht-oxidierenden Medium, insbesondere mit einem Hochtemperaturöl erfolgt. 55

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß dem erhitzten Hohlprofil (1) im Gesenk (8) vom Einlegen in die Gravur (7) bis zum Abschrecken durch Temperieren des Gesenkes (8) Wärmeenergie zugeführt wird. 60

Fig. 1

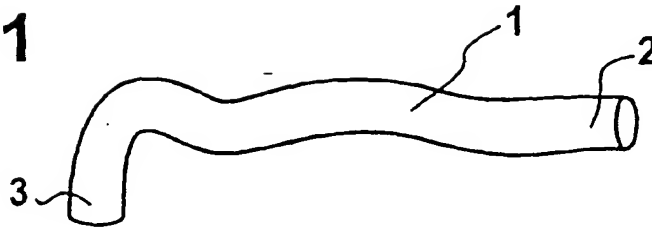


Fig. 2

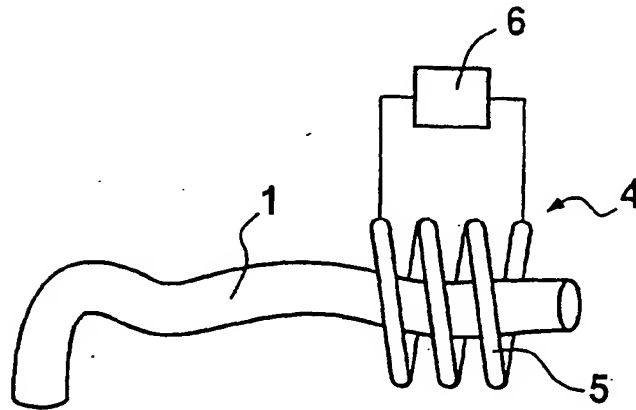


Fig. 3

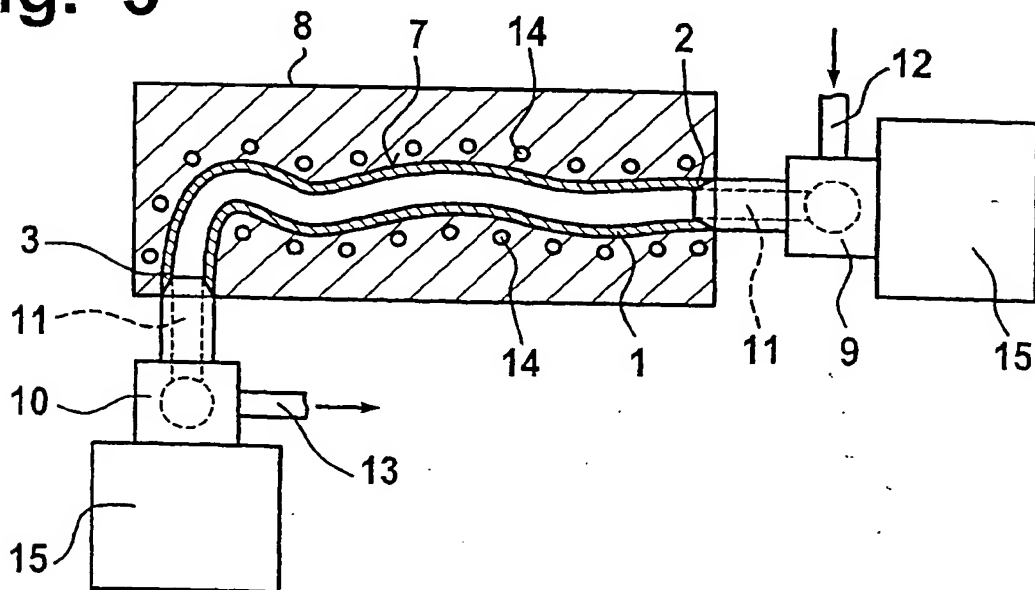


Fig. 4

